

Einfluss der Videolaryngoskopie auf den Erfolg des  
Neuromonitorings des Nervus laryngeus recurrens in der  
Schilddrüsenchirurgie

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät**

**der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

**von Luminita-Florentina Rata-Coras**

**geboren am 15.02.1983 in Oradea (Rumänien)**

## Gutachter

1. Prof. Dr. med. A. Kortgen, Jena
2. PD Dr. med. F. Rauchfuß, Jena
3. Prof. Dr. med. W. Karzai, Bad Berka

Tag der öffentlichen Verteidigung: 15. Januar 2019

## **Abkürzungsverzeichnis**

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
Ass.	Assistenzarzt
BMI	Body-Mass-Index
cm	Zentimeter
EDV	elektronische Datenverarbeitung
EMG	Elektromyogramm
FA	Facharzt
HNO	Hals-Nasen-Ohren
ID	Innendurchmesser
IONM	Intraoperatives Neuromonitoring
i.v.	intravenös
kg	Kilogramm
Lig	Ligamentum
M	Musculus
mA	Milliampere
MAC	Minimal Alveolar Concentration
min	Minute
N	Nervus
NIM™	Nerve-Integrity-Monitor

NLR	Nervus laryngeus recurrens
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
OP	Operation
Tab.	Tabelle
TOF	Train of four
V.	Vena

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	2
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	4
<b>1 Zusammenfassung</b> .....	6
<b>2 Einleitung</b> .....	8
2.1 Recurrensparese, die gefürchtete Komplikation in der Schilddrüsenchirurgie.....	9
2.2 Vermeidungsstrategien der Recurrensparese.....	10
2.2.1 Nervendarstellung: Anatomische Grundlagen.....	10
2.2.2 Nervendarstellung: das intraoperative Neuromonitoring (IONM).....	11
2.3 Unterschiede der Methoden bei der Anwendung des IONM.....	13
2.4 Vergleich konventioneller Laryngoskopie und der Videolaryngoskopie in Bezug auf Platzierung und Nachkontrolle des EMG-Tubus.....	16
<b>3 Ziele und Fragestellung der Arbeit</b> .....	18
<b>4 Material und Methoden</b> .....	19
4.1 Patienten.....	19
4.2 Studienablauf.....	20
4.2.1 Anästhesieführung.....	20
4.2.2 Intubation und Tubuslagekontrolle.....	21
4.2.2.1 Gruppe 1: Intubation mittels konventioneller Laryngoskopie.....	21
4.2.2.2 Gruppe 2: Intubation mittels Videolaryngoskopie.....	22

4.3 Verwendetes Neuromonitoringsystem.....	23
4.4 Erhobene Daten .....	26
4.5 Statistische Verfahren.....	26
<b>5 Ergebnisse.....</b>	<b>27</b>
5.1 Demographische Patientendaten.....	27
5.2 Indikation zur Schilddrüsenoperation.....	28
5.3 Eingriffsverfahren.....	29
5.4 IONM .....	31
5.5 Komplikationen .....	34
5.6 Tubusevaluierung nach Lagerung im OP-Saal.....	35
<b>6 Diskussion.....</b>	<b>37</b>
<b>7 Schlussfolgerungen .....</b>	<b>42</b>
<b>8 Literatur- und Quellenverzeichnis.....</b>	<b>43</b>
<b>9 Anhang.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>48</b>
<b>Danksagung</b>	<b>51</b>
<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>52</b>

## 1 Zusammenfassung

Mit etwa 100.000 im Jahr durchgeführten Eingriffen stehen Schilddrüsenoperationen in Deutschland nach Cholezystektomien und Leistenhernienoperationen an 3. Stelle in der Eingriffsstatistik allgemeinchirurgischer Krankheitsbilder (Destatis 2012). Neben der Realisierung des gewünschten Therapieerfolges ist die Vermeidung möglicher Komplikationen oberstes Ziel jeder operativen Maßnahme. Eine gefürchtete Komplikation der Schilddrüsenchirurgie ist die Verletzung des Nervus laryngeus recurrens (NLR) mit postoperativer Rekurrensparese. Die Identifizierung des NLR ist eine wesentliche Voraussetzung für die Vermeidung einer Nervenverletzung.

Das intraoperative Neuromonitoring (IONM) erlaubt nicht nur eine objektive Identifizierung des NLR, sondern auch eine Überwachung der Nervenintegrität, d.h. der Nervenfunktion. Es kann invasiv mittels Nadelelektroden oder nicht-invasiv mittels Elektroden am Endotrachealtubus erfolgen. Ein erfolgreiches nicht-invasives IONM ist nur durch eine präzise Platzierung des EMG-Tubus möglich. Die seitlichen Elektroden müssen den Stimmbändern hierzu von innen anliegen und über die Schleimhaut Kontakt mit dem M. vocalis haben. Die Überprüfung der korrekten Tubuslage kann z.B. über eine konventionelle direkte Laryngoskopie oder die neuere Videolaryngoskopie erfolgen. In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Daten aller Patienten ausgewertet, die im Zeitraum 2010 und 2011 in der Zentralklinik Bad Berka an der Schilddrüse operiert wurden. In 2010 geschah die Kontrolle der Tubuslage mit einem konventionellen Laryngoskop, in 2011 mit der neu eingeführten Videolaryngoskopie. Hauptziel unserer Studie war zu untersuchen, inwieweit die Nutzung der Videolaryngoskopie die Erfolgsraten einer Identifizierung des NLR verbessert und die Komplikationsrate einer Schilddrüsenoperation senken kann. Der entscheidende Vorteil der Videolaryngoskopie ist dabei, dass man die Lage des Tubus ohne Aufhebung der typischen Operationslagerung mit überstrecktem Kopf unmittelbar vor der Operation kontrollieren und ggf. korrigieren kann. Dies ist mit der konventionellen Laryngoskopie nicht möglich.

Wir untersuchten alle 54 Patienten (Gruppe1) die sich im Jahr 2010 einer Operation an der Schilddrüse unterzogen. Bei diesen Patienten stand kein Videolaryngoskop zur

Verfügung. In der Gruppe 2 untersuchten wir alle 61 Patienten, bei denen 2011 die primäre Intubation sowie die Nachkontrolle mit einem Videolaryngoskop durchgeführt wurden. Ein erfolgreiches Monitoring gelang in der Gruppe 2 (Videolaryngoskopie) bei 55 von 61 Patienten (90%) und damit signifikant häufiger ( $p < 0,001$ ) als in der Gruppe 1 (konventionelle Laryngoskopie) mit 33 von 54 Patienten (61%). Ohne Korrektur nach der Lagerung wären in der Gruppe 2 44% inkorrekte Tubuslagen nicht identifiziert worden. Somit war die Korrektur und Neuplatzierung des Tubus mittels Videolaryngoskopie nach der endgültigen OP-Lagerung für eine erfolgreiche Ableitung des IONM entscheidend. Die Häufigkeit bestätigter Stimmbandlähmungen war in der Gruppe 1 (11 von 54 Patienten) signifikant höher als in der Gruppe 2 (4 von 61 Patienten) ( $p < 0,05$ ). Auch die Häufigkeit von Heiserkeit unterschied sich signifikant zwischen den beiden Gruppen ( $p < 0,05$ ).

Die in unserer Arbeit dargestellten Ergebnisse zeigen, dass man mit der Videolaryngoskopie die Lage eines EMG-Tubus besser beurteilen kann und damit den Erfolg des IONM steigern kann. Ohne erfolgreiches Monitoring waren mehr Komplikationen seitens der Stimmbandfunktion zu verzeichnen als mit Monitoring. Von 27 Patienten, bei denen das Monitoring nicht erfolgreich war, traten Stimmbandlähmungen bei 30% der Patienten auf und damit häufiger, als bei Patienten mit erfolgreichem Monitoring (Rate an Stimmbandlähmungen 10%,  $p=0,048$ ).

Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass bei Anwendung des IONM bei Schilddrüsenoperationen eine routinemäßige videolaryngoskopische Kontrolle der Tubuslage nach Lagerung des Patienten zur Operation die Rate eines erfolgreichen Monitorings erhöhen kann und damit die Rate an NLR-Paresen und Heiserkeit senken kann.



## 2 Einleitung

Mit etwa 100.000 im Jahr durchgeführten Eingriffen stehen Schilddrüsenoperationen in Deutschland nach Cholezystektomien und Leistenhernienoperationen an 3. Stelle in der Eingriffsstatistik allgemeinchirurgischer Krankheitsbilder (Destatis 2012). Die wichtigsten Indikationen für Schilddrüseneingriffe sind große benigne Strumen sowie Schilddrüsenveränderungen, die ein signifikantes Malignitätsrisiko aufweisen (Scharlau et al. 2008, Woenckhaus et al. 2007). Wenn kleine benigne Knotenstrumen Symptome wie Schluckbeschwerden, Globusgefühl und Atembeschwerden verursachen, besteht ebenfalls eine Operationsindikation (Scharlau et al. 2008). Diese ist auch bei der uni- oder multifokalen autonomen Struma sowie dem therapie-resistenten Morbus Basedow oder nach einer erfolglosen Hyperthyreosetherapie gegeben. Nach konservativer Therapie des Hyperthyreoserezidivs kann die Thyreoidektomie die therapeutische Alternative zu einer Radiojodtherapie sein (Woenckhaus et al. 2007).

Neben der Realisierung des gewünschten Therapieerfolges ist die Vermeidung möglicher Komplikationen oberstes Ziel jeder operativen Maßnahme. Zu den Besonderheiten der Schilddrüsenchirurgie zählt, dass wesentliche operationsbedingte Komplikationen, im Unterschied zu anderen organbezogenen Komplikationen, häufig nicht das Zielorgan selbst betreffen. Sie beruhen auf der Nachbarschaft zu sensiblen Organstrukturen wie Stimmbandnerven und Nebenschilddrüsen. Die Komplikationsraten sind dabei abhängig von der Grunderkrankung sowie dem Ausmaß und der Dauer der operativen Maßnahme (Sosa et al. 1998). Sosa et al. beschrieben zudem einen Zusammenhang zwischen der individuellen Erfahrung des Chirurgen mit der Komplikationsrate nach Schilddrüseneingriffen. Dabei wiesen die Chirurgen mit den meisten operativen Eingriffen im Jahr die niedrigsten Komplikationsraten auf (Sosa et al. 1998).

## **2.1 Recurrensparese, die gefürchtete Komplikation in der Schilddrüsenchirurgie**

Neben dem (permanenten) Hypoparathyreoidismus stellt die Parese des NLR eine der führenden Komplikationen bei Schilddrüsenresektionen dar (Thomusch et al. 2003). Für den Patienten kann dies weitreichende Konsequenzen mit einer deutlichen Einschränkung der Lebensqualität nach sich ziehen. Die einseitige Rekurrensparese bedingt den unvollständigen Schluss der Stimmlippe auf der betroffenen Seite. Dies führt zu einer Heiserkeit, was insbesondere für Patienten mit Stimmberufen negative Konsequenzen hat. Zusätzlich kann es zu einer Kurzatmigkeit während des Sprechens aufgrund eines unkontrollierten Entweichens von Luft während der Stimmbildung kommen. Noch weiterführende Konsequenzen hat die beidseitige Rekurrensparese, die zu einer deutlichen Verschmälerung der Stimmritze mit Einschränkung des Atemflusses insbesondere bei Belastung führt (Ridell 1970). Zusätzliche Schwellungszustände der Stimmlippen z.B. im Rahmen von Infektionen können die Stimmritze komplett verlegen und sind damit lebensbedrohlich.

Während bei dem einseitigen Stimmlippenstillstand auf dem Boden einer Rekurrensparese eine Verbesserung der Stimme durch logopädische Übungen erzielt werden kann, sind Patienten mit beidseitigen Rekurrensparesen in ihrem Alltag deutlich eingeschränkt und langfristig arbeitsunfähig. Hier steht eine Sicherung der Atemwege im Vordergrund, so dass die Anlage einer Trachealkanüle oder eine translaryngeale Laterofixation eines Stimmbandes notwendig werden kann (Siewert et al. 2007, Dralle 2004). Der Grad der resultierenden Schädigung kann dabei stark variieren. Die Recurrensparese kann nur passager sein. In den ersten Wochen oder Monaten nach der Operation kann sich eine normale Funktion der Stimmlippen wieder einstellen. Persistiert eine Störung der Stimmlippenfunktion über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten, wird diese als permanente Recurrensparese bezeichnet (Siewert et al. 2007).

Ursachen der gefürchteten postoperativen Recurrensparese können intraoperativer Zug am Nerven, mechanische oder thermische Belastungen, Läsion des Nerven außerhalb des präparierten Areals, Schädigungen durch Ligaturen oder Nähte sowie Ischämie des Nerven sein (Koester 2003). Operationen bei Karzinomen, Reoperationen und

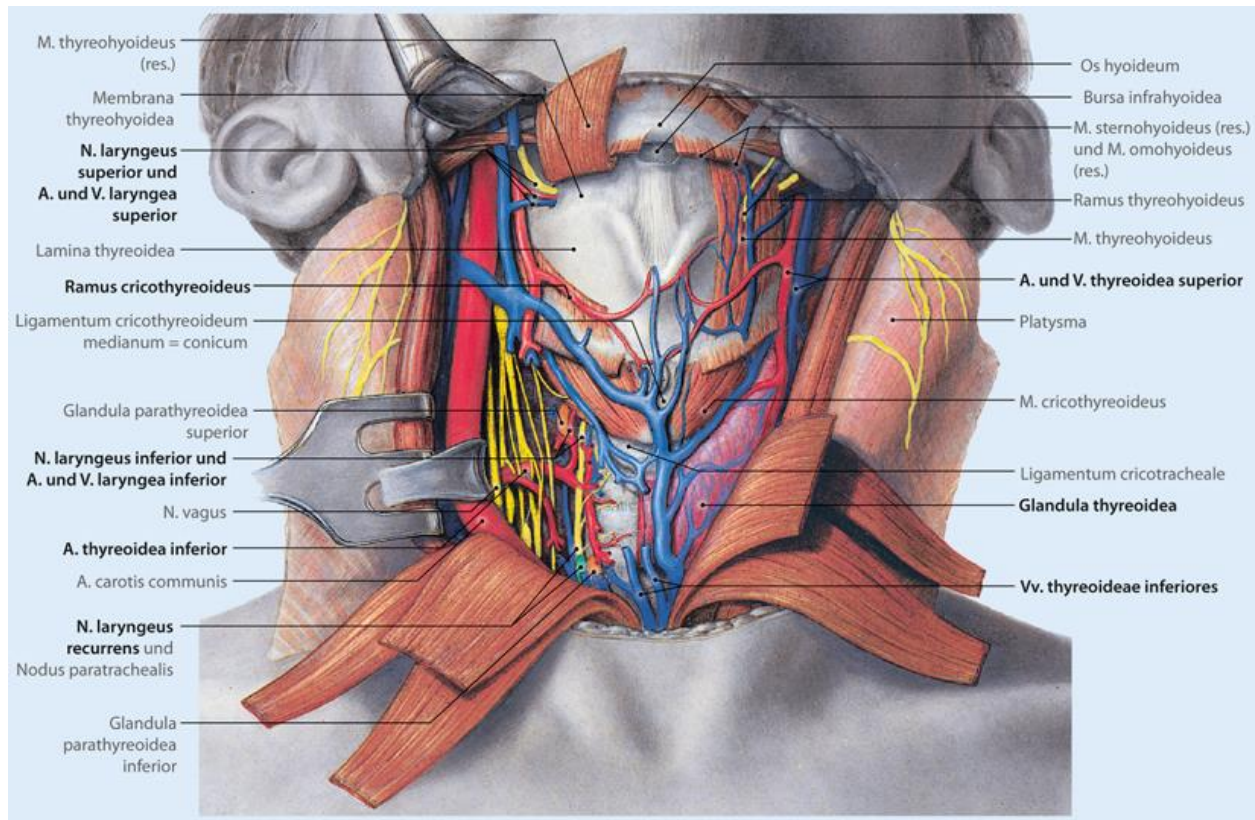
Rezidivoperationen, vorausgegangene Bestrahlungen und anatomische Veränderungen gelten als weitere Risikofaktoren für eine Recurrensparese (Koester 2003).

## **2.2 Vermeidungsstrategien der Recurrensparese**

Eine weitverbreitete Möglichkeit die Verletzung des NLR zu vermeiden ist die visuelle Darstellung des Nervens. Die Visualisierung ohne Hilfsmittel kann jedoch aufgrund zum Teil abberanter Verläufe erschwert sein.

### **2.2.1 Nervendarstellung: Anatomische Grundlagen**

Grundsätzliche Voraussetzung zur nervenschonenden Operationstechnik ist eine genaue Kenntnis der Anatomie der Schilddrüsenregion (Simon et al. 2014) (Abb. 1). Allerdings gibt es verschiedene Variationen in unterschiedlicher Häufigkeit, die intraoperativ ein Problem darstellen können. Der NLR ist ein motorischer Ast des Nervus vagus und innerviert im Regelfall bis auf den M. cricothyroideus sämtliche Kehlkopfmuskeln. Dabei wird auch der einzige Öffner der Stimmritze, der M. cricoarytenoideus posterior, im klinischen Alltag oft auch nur kurz als M. posticus bezeichnet, innerviert. Nach Abgang aus dem Nervus vagus umschlingt der NLR auf der linken Seite den Aortenbogen, auf der rechten Seite die A. subclavia. Während der linke NLR in einer Rinne zwischen Trachea und Ösophagus aufsteigt, zieht der rechte NLR seitlich der Trachea nach cranial zum Kehlkopf (Siewert et al. 2007, Lorenz et al. 2010). Es hat sich gezeigt, dass die Identifizierung des NLR die Rate an NLR-Paresen reduziert (Dralle 2004). Die visuelle Identifizierung des Nervs hat sich als Goldstandard der NLR-Schonung erwiesen (Dralle 2004).



**Abb. 1** Leitungsbahnen am Hals, vordere Halsregion (aus: Tillmann 2010)

### 2.2.2 Nervendarstellung: das intraoperative Neuromonitoring (IONM)

Unterstützend zur visuellen Darstellung kommt als neurophysiologisches Verfahren das IONM hinzu, das den Operateur insbesondere in schwierigen Phasen der Präparation unterstützen kann. Chirurgen können das IONM als Hilfe bei der Lokalisation, der Identifizierung und beim Mapping des NLR und des Nervus vagus nutzen, bevor eine visuelle Kontrolle erfolgt. Dieses Vorgehen ist besonders hilfreich bei ausgedehnten und schwierigen Schilddrüsenoperationen, z.B. bei Rezidivoperationen, großen Karzinomen oder Morbus Basedow (Dralle 2004). Mit dem IONM des NLR kann die Erkennung des Nervens deutlich verbessert werden und zur Sicherheit der Operation beitragen. Das IONM erlaubt nicht nur eine Visualisierung des NLR, sondern auch eine Überwachung

der Nervenintegrität, d.h. der Nervenfunktion. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zur reinen visuellen Identifikation.

Ziel des IONM ist es, die Lage des NLR mithilfe von Stimulationselektroden und Messung der erfolgreichen Stimulation am Zielmuskel zu ermitteln. Das Prinzip des IONM beruht auf der instrumentellen Prüfung des Reflexbogens zwischen N. vagus bzw. NLR und seinem Erfolgsorgan, dem M. vocalis. Bei intakter Nervenfunktion wird das über den N. vagus und NLR vermittelte Elektromyogramm (EMG) des Zielmuskels in ein akustisches und elektrisches Signal transformiert (Dralle et al. 2004). Das EMG des M. vocalis wird durch Ableitelektroden aufgenommen und auf dem Monitor abgebildet (Abb. 2). Hierfür finden die invasive Methode mittels Nadelelektroden oder die nicht-invasive mittels Elektroden am Endotrachealtubus Anwendung.

Die Nadelelektroden beim invasiven Verfahren können entweder transligamentär durch das Lig. cricothyreoideum oder transkartilaginär in den M. vocalis als Erfolgsorgan eingebracht werden. Demgegenüber besteht bei der nicht-invasiven Variante die Möglichkeit über Oberflächenelektroden, die auf den Beatmungstubus aufgebracht sind, ein EMG abzuleiten und sowohl akustisch als auch visuell das Aktionspotential auf einem Monitor darzustellen (Timmermann et al. 2004). Präoperativ werden die Elektroden bei der Intubation in die richtige Position gebracht, sodass sie den Stimmbändern von innen anliegen und über die Schleimhaut Kontakt mit dem M. vocalis haben (Abb. 3). Randolph bezeichnete 2003 die Methode der Tubusableitung als „state of the art“ des non- invasiven Monitorings (Randolph 2003).

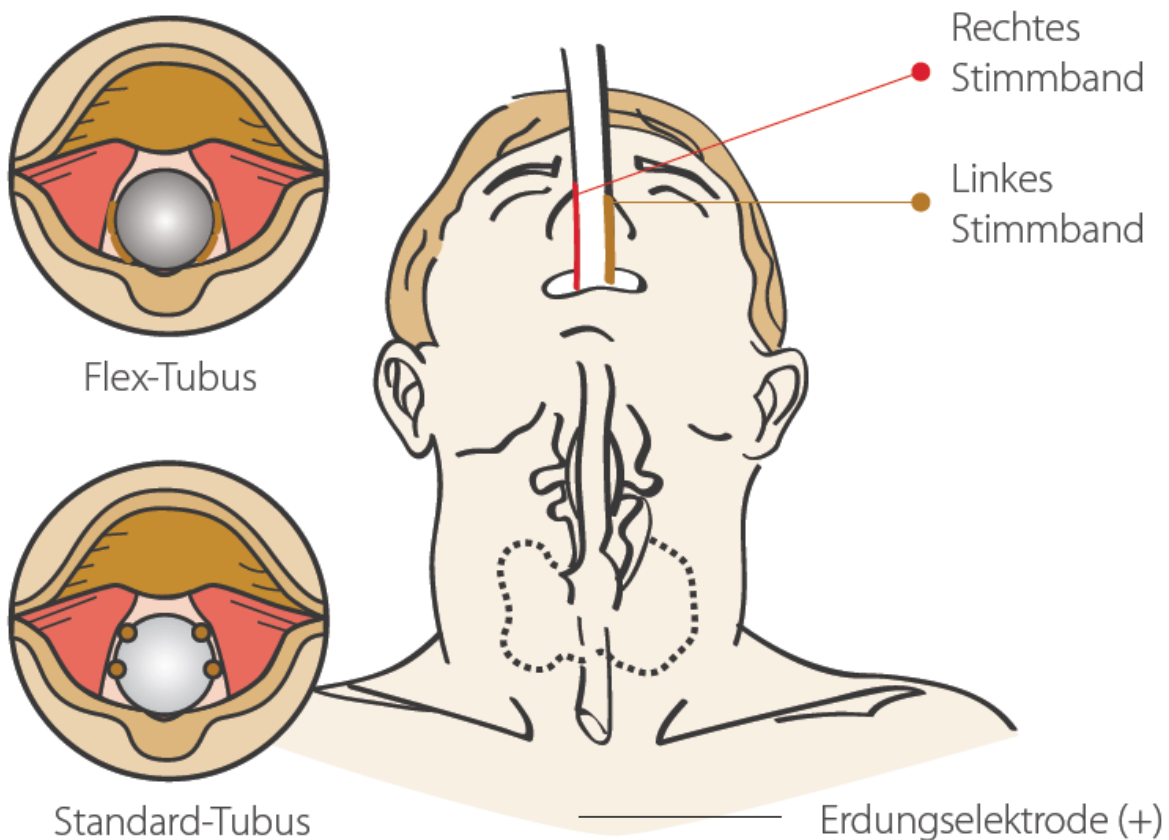


**Abb. 2** Das Prinzip des IONM beruht auf der instrumentellen Prüfung des Reflexbogens zwischen N. vagus bzw. NLR und dem M. vocalis. Ableitung des Signals an einem freipräparierten Stimmbandnerven. Das EMG des M. vocalis wird durch Ableitelektroden, die auf dem Beatmungstubus aufgebracht sind, aufgenommen und auf dem Monitor abgebildet (Internet, Fa. Medtronic).

### 2.3 Unterschiede der Methoden bei der Anwendung des IONM

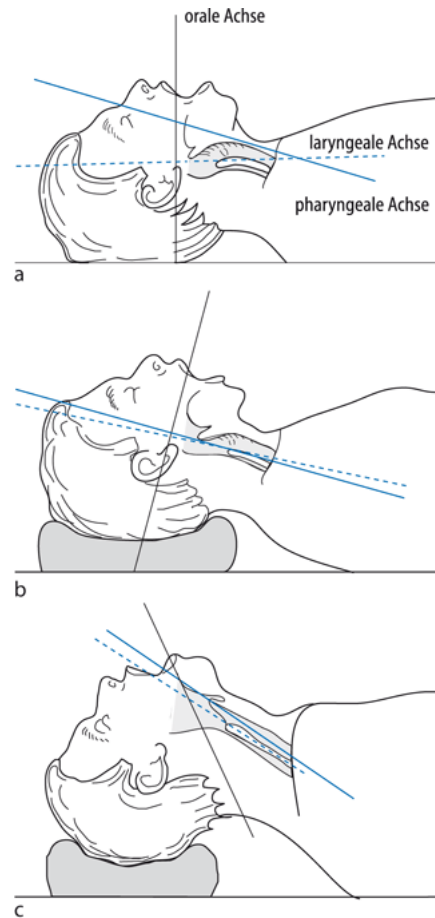
Eine wesentliche Voraussetzung einer erfolgreichen Ableitung ist die präzise Platzierung des EMG-Tubus. Der Tubus muss unter laryngoskopischer Sicht so platziert sein, dass die seitlichen Elektroden den jeweiligen M. vocalis berühren (Abb.3). Hierzu sind zwei Methoden möglich: die konventionelle direkte Laryngoskopie und die neue Videolaryngoskopie.





**Abb. 3** Platzierung des EMG-Tubus. Es wird empfohlen, den Tubus in einer Größe zu verwenden, die gewährleistet, dass die Kontakte gut an der Stimmbandmuskulatur anliegen (z.B. Größe 7.5 bei Frauen und 8.5 bei Männern). (Quelle: Internet [www.neuromonitoring.com](http://www.neuromonitoring.com))

Die orotracheale Intubation unter direkter Sicht benötigt eine optimale Lagerung des Patientenkopfes. Der Kopf des Patienten wird auf einem ca. 10 cm hohen Polster gelagert. Nach Narkoseeinleitung soll der Kopf des erwachsenen Patienten noch im Nacken überstreckt werden (sogenannte verbesserte Jackson-Position oder "Schnüffelposition" (Abb. 4). In dieser Lagerung bilden die Mundhöhle, der Pharynx, der Larynx und die Trachea annähernd eine Gerade, was den Einblick auf die Stimmritze und damit die Intubation unter laryngoskopischer Sicht erleichtert (Striebel 2014).

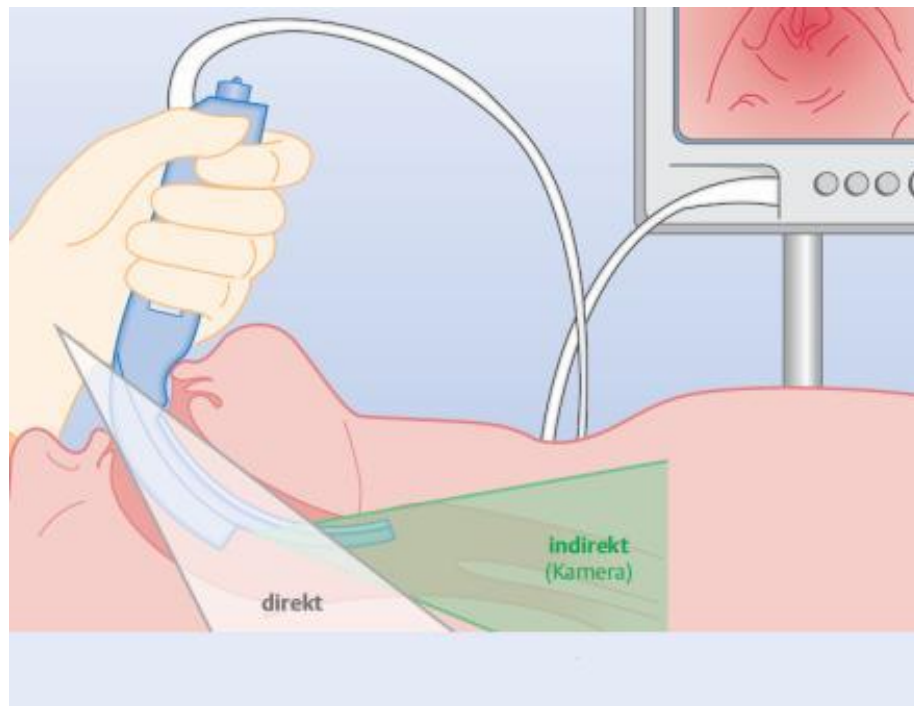


**Abb. 4** Kopflagerung für die endotracheale Intubation (verbesserte Jackson-Position). Schematische Darstellung der oralen, pharyngealen und laryngealen Achse. a) ungünstiger Achsenverlauf bei normaler Kopflagerung. b) durch Anheben des Kopfes mit einem Kissen um ca. 10 cm, bei auf dem Tisch liegenden Schultern, nähern sich laryngeale und pharyngeale Achse einander an. c) Intubationsgerechte Lagerung: Anheben des Kopfes in Verbindung mit Streckung im Atlantookzipitalgelenk schafft eine kurze, nahezu gerade verlaufende Achse von den Schneidezähnen bis zur Epiglottis. (Striebel 2014, Larsen 2006)

Das Videolaryngoskop bietet die Möglichkeit, die laryngotracheale Inspektion, sowie die Intubation und Tubuspassage auf einem Videomonitor, indirekt zu verfolgen. Dies ist möglich, da im Laryngoskopspatel ein Kameramodul integriert ist, dessen Bild auf einem Videobildschirm im Echtzeit angezeigt wird. Die Sicht auf den Kehlkopfeingang unabhängig von einer direkten Sichtachse stellt den entscheidenden Vorteil der Videolaryngoskopie im Vergleich zu der konventionellen, direkten Laryngoskopie dar (Abb. 5). Dies ermöglicht die Visualisierung und Tubuskorrektur ohne Lageänderung



des Kopfes. Das Videolaryngoskop findet seinen Einsatz zum Beispiel bei einer erschwerten endotrachealen Intubation. Durch die verbesserten Sichtachsen bei anatomisch erschwerter Laryngoskopie hat sich die Videolaryngoskopie im anästhesiologischen Routinebetrieb etabliert.



**Abb. 5** Funktionsprinzip der Videolaryngoskopie mit indirektem Blick (Kill et al. 2012)

## **2.4 Vergleich konventioneller Laryngoskopie und der Videolaryngoskopie in Bezug auf Platzierung und Nachkontrolle des EMG-Tubus**

Bei einer Schilddrüsenoperation wird der Patient in eine optimale Lagerung zur Schilddrüsenresektion gebracht. Die Lagerung dient der besten Exposition der Schilddrüse während der Operation. Hierzu ist meist eine Überstreckung des Kopfes notwendig. Diese Lagerung kann zu einer Tubus- bzw. Elektrodendislokation führen und das Neuromonitoring unmöglich machen. Aus diesem Grund ist eine nochmalige Kontrolle der Tubus- bzw. Elektrodenposition nach Abschluss der Lagerung notwendig.

Die konventionelle Laryngoskopie zur Nachkontrolle der Tubus- und Elektrodenlage ist bei überstreckter Kopflagerung zumindest erschwert, wenn nicht unmöglich. Die Aufhebung der Kopflagerung zur Laryngoskopie ist nicht zielführend, da eine erneute Lagerung wieder zu Tubus- bzw. Elektrodendislokation führen kann. Die Videolaryngoskopie ermöglicht die Nachkontrolle des Tubus auch bei überstreckter Kopflagerung, eine Aufhebung der Lagerung entfällt. Eine Korrektur der Tubuslage in Operationslagerung führt zur Ausschaltung der Tubus- bzw. Elektrodendislokation als Fehlerquelle in der Nutzung des Neuromonitorings während Schilddrüsenoperationen.

In der folgenden retrospektiven Studie haben wir untersucht, inwieweit die Nutzung der Videolaryngoskopie, die Erfolgsraten einer Identifizierung des NLR verbessert und die Komplikationsrate einer Schilddrüsenoperation in Bezug auf NLR-Lähmung senkt.

### **3 Ziele und Fragestellung der Arbeit**

Für ein erfolgreiches nicht-invasives intraoperatives Monitoring der Funktion des NLR ist eine optimale Tubusplatzierung, d.h. ein optimaler Kontakt der seitlichen Tubuselektroden an die Stimmlippen unentbehrlich. Ziel der Studie ist es, die Häufigkeit von Tubus- und damit Elektrodendislokationen beim IONM bei Schilddrüsenoperationen sowie assoziierter NLR-Paresen zu untersuchen und den möglichen Einfluss der Verwendung einer Videolaryngoskopie zu evaluieren.

Im einzelnen sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Wie oft kommt es zur Beeinträchtigung des IONM und einer Dislokation der Tubuselektroden durch die typische Schilddrüsenlagerung?
2. Inwieweit kann die Nutzung der Videolaryngoskopie die Erfolgsraten einer Identifizierung des NLR verbessern?
3. Wie oft muss die Tubuslage nach endgültiger Lagerung des Patienten korrigiert werden?
4. Kann die Nutzung der Videolaryngoskopie zur Vermeidung einer Lähmung des NLR bei der Schilddrüsenchirurgie beitragen?

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Patienten

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Daten aller Patienten ausgewertet, die im Zeitraum von 2010-2011 in der Zentralklinik Bad Berka an der Schilddrüse operiert wurden. Alle Daten wurden aus den Krankenakten der chirurgischen Stationen sowie den Operationsberichten entnommen. Die EDV-Listen unseres Patientendokumentationssystems stimmen überein mit unseren Patientendaten. Es wurden aus dem genannten Zeitraum insgesamt 115 Operationen an der Schilddrüse ausgewertet. Von Seiten der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Jena bestanden keinerlei Bedenken bezüglich der anonymen Nutzung der Patientendaten (Bearbeitungsnummer 4416-04/15).

Aufgrund unterschiedlicher Strategien der Tubusplatzierung und Tubuslagekontrolle zu verschiedenen Zeiträumen erfolgte eine Einteilung der Patienten in zwei Gruppen.

- Gruppe 1: Patienten, bei denen eine konventionelle Laryngoskopie (Macintosh) genutzt wurde. In dieser Gruppe fand die Tubusplatzierung und Tubuslagekontrolle lediglich während der primären Intubation und ohne nachfolgende Videolaryngoskopie statt. Ein Videolaryngoskop stand während der ersten Phase nicht zur Verfügung. Nach dieser Tubuslagekontrolle wurde der Patient in die typische Lagerung mit überstrecktem Kopf gebracht, das OP-Gebiet abgewaschen und die Operation begonnen.
- Gruppe 2: Patienten, bei denen eine Videolaryngoskopie (C-MAC, Karl Storz GmbH & Co.KG, Tuttlingen, Deutschland) genutzt wurde. In dieser Gruppe fand die Tubusplatzierung und Tubuslagekontrolle mit einem Videolaryngoskop während der primären Intubation und anschließend nach der typischen Lagerung mit überstrecktem Kopf der Patienten statt. Nach dieser Lagekontrolle wurde die Körperlage des Patienten nicht mehr geändert. Anschließend wurde die Hautdesinfektion und sterile Abdeckung des OP-Gebietes durchgeführt und mit der Operation begonnen.

## 4.2 Studienablauf

### 4.2.1 Anästhesieführung

Die Anästhesie wurde in beiden Gruppen standardisiert durchgeführt. Zur Prämedikation und Anxiolyse verwendeten wir 3,75 mg Midazolam (Dormicum®, Fa. Roche, Rotkreuz, Schweiz) per os, ca. 30 min vor dem Eintreffen in der OP-Abteilung. Nach Eintreffen im Einleitungsraum der Anästhesie wurde ein Standardmonitoring angeschlossen: Ableitung des Elektrokardiogramms, pulsoxymetrische Bestimmung der Sauerstoffsättigung und nicht invasive oszillometrische Blutdruckmessung (Monitor Siemens SC7000). Zur intravenösen Gabe von Medikamenten und Lösungen wurde eine Venenverweilkanüle am Unterarm oder Handrücken gelegt. Nach einer Präoxygenierungsphase von 2-3 min mit 100% Sauerstoff wurde die Narkose eingeleitet. Zur Narkoseeinleitung verwendeten wir als Opiat Fentanyl (Fentanyl-Janssen®, Fa. Janssen-Cilag, Neuss, Deutschland) 1,5-3 µg/kgKG (in der Regel 0,1-0,3 mg), als Hypnotikum Propofol (Propofol-Lipuro®, Fa. B. Braun, Melsungen, Deutschland) 1-2 mg/kgKG und als Muskelrelaxans Rocuronium (Esmeron®, Fa. N.V. Organon, Oss, Niederlande) 0,6mg/kgKG. Mit zunehmender neuromuskulärer Blockade mittels Muskelrelaxantien sinkt die Wahrscheinlichkeit einer muskulären Antwort auf einen elektrischen Reiz (Marusch et al. 2005). Um diesen Einfluss auf das intraoperative Neuromonitoring zu minimieren haben wir zur Intubation das mittellang wirksame Muskelrelaxans Rocuronium (Esmeron®) verwendet, keine Repititionsdosis verabreicht und den Grad der Muskelrelaxation mit einem Relaxometer (TOF-Watch®, Fa. Organon) überprüft. Des Weiteren wurde die Gabe von Medikamenten vermieden, welche die Muskelfunktion beeinträchtigen können.

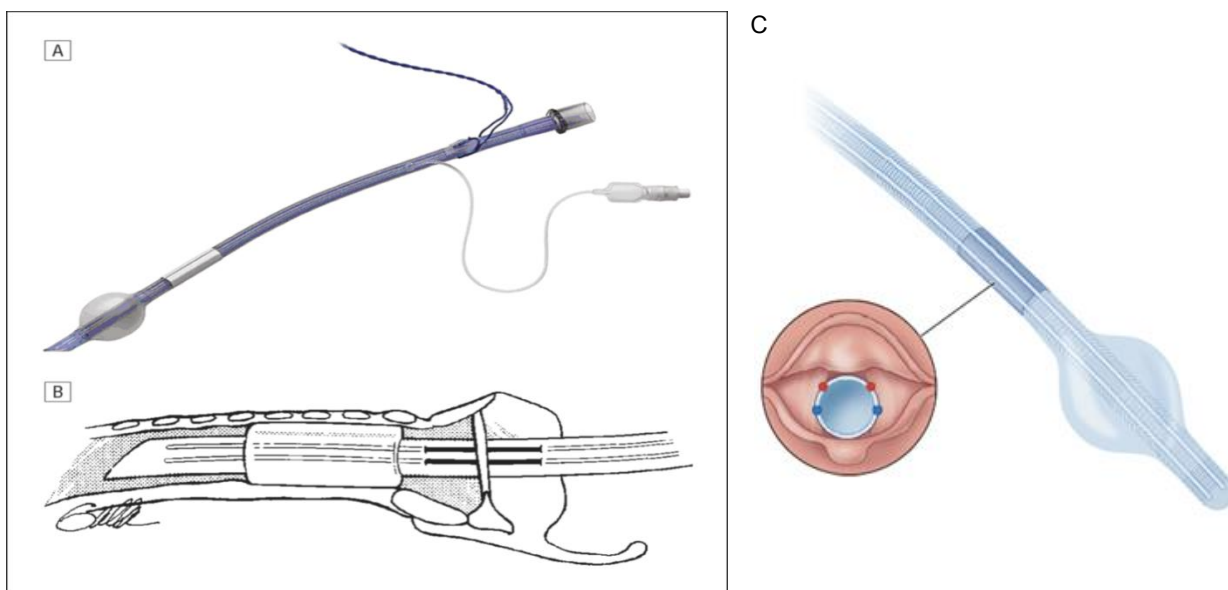
Zur orotrachealen Intubation verwendeten wir NIM® EMG-Endotrachealtuben mit integrierter Ableitungselektrodenfläche mit einer Tubusgröße von 6,0 -8,5mm ID (Fa. Medtronic, Jacksonville Staat, USA). Die Beatmung erfolgte mit einem Sauerstoff-Luft-Gemisch. Die Narkose wurde in der Regel mit dem Narkosegas Desflurane (Suprane®, Fa. Baxter, München, Deutschland) mit einer inspiratorischen Konzentration von 0,7 MAC (Minimal Alveolar Concentration) und intermittierenden Gaben von Fentanyl (0,1mg), ggf. auch mit kontinuierlicher Gabe von Remifentanyl (Ultiva®, Fa.

GlaxoSmithKline, London, Vereinigtes Königreich) ( $0,25 \mu\text{g/kgKG/min}$ ) mittels Spritzenpumpe aufrechterhalten. Bei Patienten mit postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) in der Vorgeschichte verzichteten wir auf Desflurane und verwendeten Propofol als Dauerinfusion in einer Dosis von 4-5 mg/kg/h.

## 4.2.2 Intubation und Tubuslagekontrolle

### 4.2.2.1 Gruppe 1: Intubation mittels konventioneller Laryngoskopie

Nach neuromuskulärer Blockade und Erreichen einer ausreichenden Narkosetiefe wurden die Patienten der Gruppe 1 mittels konventioneller Laryngoskopie mit einem EMG-Tubus (Fa. Medtronic) endotracheal intubiert und anschließend mit einem  $\text{O}_2$ /Luft-Gemisch normoventiliert.



**Abb. 6** Typischer zum Neuromonitoring geeigneter Endotrachealtubus mit integrierter Ableitungselektrodenfläche (A). Im unterem Bildabschnitt (B) sieht man die zwei Ableitungselektroden (schwarz) in enger Nachbarschaft zum M. vocalis. (C) Der Tubus muss so platziert sein, dass die seitlichen Elektroden (rot und blau) zwischen den beiden Stimmlippen liegen. (Surg. 2009) Quelle: Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD: Morgan & Mickail's Clinical Anesthesiology, 5<sup>th</sup> Edition. Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc.

Während der Laryngoskopie wurde der spezielle Endotrachealtubus so eingeführt, dass die Elektrodenmitte zwischen den beiden Stimmlippen lag (Abb. 6). Danach wurde der Patient vom OP-Team in die typische Operationslagerung mit überstrecktem Kopf gebracht. Eine erneute Kontrolle und ggf. Korrektur der Tubuslage durch direkte Laryngoskopie erfordert die Aufhebung der Lagerung und wurde nicht durchgeführt, da die dann erforderliche erneute Lagerung wieder zu einer potentiellen Tubusdislokation führen könnte.

#### **4.2.2.2 Gruppe 2: Intubation mittels Videolaryngoskopie**

2011 wurde am Zentralklinikum Bad Berka die Videolaryngoskopie in der Klinik für Anästhesiologie eingeführt. Danach wurde bei allen Patienten, die an der Schilddrüse operiert wurden, die Intubation und Tubuslagekontrolle mit Videolaryngoskop durchgeführt (Abb. 7).

Nach Narkoseeinleitung und Muskelrelaxation wurde die Intubation und die primäre Lagekontrolle mit dem Videolaryngoskop durchgeführt und der Tubus fixiert. Unter videolaryngoskopischem Blick wurde der Tubus so eingeführt, dass die Elektrodenmitte zwischen den beiden Stimmlippen lag. Der Tubus wurde dann fixiert. Danach wurde der Patient vom OP-Team wie bereits beschrieben gelagert. Nach erfolgter Lagerung wurde eine erneute Kontrolle und ggf. Korrektur der Tubuslage mit Hilfe der Videolaryngoskopie durchgeführt. Ein Videolaryngoskop hat den entscheidenden Vorteil, dass man die Lage des Tubus ohne Aufhebung der typischen Schilddrüsenlagerung kontrollieren und ggf. korrigieren kann. Hierbei wurde notiert, um wieviel Zentimeter der Tubus heraus- oder hinein-gerutscht war, und evaluiert, ob und um wieviel Grad sich der Tubus gedreht hatte. Es wurde auch vermerkt, ob in der vorgefundenen Position die Elektroden des Tubus immer noch Kontakt mit den jeweiligen Stimmlippen hatten und ob unkorrigiert das Monitoring funktioniert hätte.



**Abb. 7** C-MAC® Videolaryngoskop Fa.Storz. Das Videolaryngoskop bietet die Möglichkeit die Intubation und Tubuspassage auf einem Videomonitor zu verfolgen. Da sich die Kamera am distalen Ende des Spatels befindet, muss keine direkte Sichtachse mehr zwischen dem Auge und der Stimmritze hergestellt werden. (Quelle: Internet. [www.karlstorz.com](http://www.karlstorz.com).)

Anschließend wurde die Tubuslage bei Bedarf korrigiert, in die optimale Position gebracht und neu fixiert. Der Erfolg des Monitorings wurde am Ende der Operation notiert.

#### **4.3 Verwendetes Neuromonitoringsystem**

Grundsätzliches Konzept zur intraoperativen Schonung des NLR ist es, eine Durchtrennung, eine Dehnung, einen thermischen Schaden oder eine Ischämie zu vermeiden bzw. zu unterlassen. Um dies zu erreichen, ist es entscheidend, den Nerv zu identifizieren. Mit dem richtigen Einsatz des IONM besteht die Möglichkeit hierzu.



Zur Identifikation des NLR kam im Rahmen dieser Untersuchung neben der visuellen Identifikation des Nerven die Untersuchung via Neuromonitoring als EMG hinzu, wobei der M. vocalis als „Erfolgsorgan“ überprüft wird. Aus chirurgischer Sicht erfüllt das IONM damit zwei Aspekte, es ermöglicht eine Nervenidentifikation bzw. eine Erleichterung derselben und auch eine Beurteilung der Nervenfunktion respektive der postoperativen Stimmlippenfunktion (Jonas 2002, Neumann et al. 2001, Timmermann et al. 2004).

Bei allen Eingriffen wurde ein nichtinvasives Monitoring mit dem Tubuselektrodensystem der Fa. Medtronic (NIM-Pulse™ 2.0) durchgeführt. Dazu erfolgte die Platzierung der Ableitelektrode auf dem Tubus in Höhe der Stimmritze im Rahmen der Intubation (Abb. 6B), und die Applikation der beiden Neutralelektroden im mittleren Sternumbereich mit einem Abstand von ca. 2 cm (Abb. 3).

Der Ort der Nervenstimulation sollte möglichst das gesamte Operationsgebiet erfassen, in dem eine Nervenläsion verursacht werden kann. Die Stimulation sollte deshalb an dem der Schilddrüse entferntesten Teil des Operationsareals erfolgen, beispielsweise vom Nervus vagus aus (Friedrich et al. 2002).

Zwischen der Nervenstimulation und einer elektromyographisch messbaren Reaktion des Zielmuskels (M. vocalis) vergeht ein gewisser Zeitraum, gemessen in mS, die sog. Latenzzeit. Die Latenzzeit ist abhängig von der Länge des Nerven zwischen Stimulationsort und Zielmuskel. Daraus ergeben sich folgende Latenzzeiten: N. vagus li. > N. vagus re. > N. recurrens. Der linke N. vagus weist dabei eine signifikant längere Latenzzeit auf. Dieses ist durch den anatomischen Verlauf um den Aortenbogen begründet (Zirkler 2007). Aus bisherigen Studien sind die in Tab. 1 aufgeführten Normwerte für die Latenzzeiten des Nervus vagus und des NLR bekannt (Zirkler 2007). Bezüglich der Amplitude konnte aufgrund der hohen Inhomogenität kein Referenzwert ermittelt werden (Zirkler 2007).

**Tabelle 1: Mittelwert der Latenzzeiten in Millisekunden (ms):**

N. vagus li.	N. vagus re.	N. laryngeus recurrens li.	N. laryngeus recurrens re.
6,3	3,8	2,2 -2,5	2,2 – 2,5

Zur Stimulation während des gesamten Operationsverlaufes wurde eine supramaximale Stromstärke von 1,5 mA appliziert. Die aktuell verfügbaren Ableitsysteme für Neuromonitoringsignale besitzen die Möglichkeit zur graphischen Darstellung und Dokumentation des EMG-Signals als Spannungs-Zeit-Kurve auf dem Monitor (Abb. 8).

Bei allen Untersuchungen zur Nervenfunktionsüberwachung wird nach der Identifizierung des NLR mit IONM und abgeschlossener Resektion am Schilddrüsenlappen erneut ein Neuromotoringsignal ausgelöst (Timmermann et al. 2004). Präoperativ ist zur effektiven Beurteilung des IONM eine Laryngoskopie (HNO-Konsil) wünschenswert, da vorbestehende NLR-Paresen mit einer normalen Stimulationselektromyographie (EMG) verbunden sein können (Dralle et al. 2013). Sämtliche Abschwächungen des EMG-Signals bis zum totalen Verschwinden des Signals werden als „verändertes“ Neuromonitoringsignal definiert (negatives Untersuchungs- oder Testergebnis) und sind Ausdruck einer Nervenfunktionsstörung, die eine Stimmlippen-funktionsstörung auslösen kann. Durch postoperative HNO-ärztliche Untersuchungen der Stimmlippenbeweglichkeit kann die Richtigkeit dieser Annahmen überprüft und damit die Zuverlässigkeit dieser Form der intraoperativen Nervenfunktionsüberwachung kontrolliert werden (Timmermann et al. 2004).

#### **4.4 Erhobene Daten**

Es wurden nachfolgende Daten erhoben:

- demografische Patientendaten wie Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht;
- Operationsindikation;
- Zahnstatus;
- ITN-Bewertung;
- verwendeter EMG-Tubus;
- Tubusevaluierung nach Lagerung im OP-Saal;
- Amplitude des EMG-Signals;
- der postoperative Verlauf und die prä- und postoperative Laryngoskopie (HNO).

#### **4.5 Statistische Verfahren**

Die statistische Auswertung erfolgte über das Statistikprogramm SPSS Version 23. Folgende statistische Tests fanden in der Arbeit Anwendung: Mann-Whitney-Wilcoxon (U-Test) wurde für zwei unabhängige Stichproben genutzt, die keine Normalverteilung aufwiesen, Kolmogorow-Smirnow-Test wurde genutzt, um die Normalverteilung der Stichproben zu untersuchen. Die  $\chi^2$ -Test und Fisher exakt Test wurden genutzt, um dichotome Stichproben auf Signifikanz zu überprüfen. Ein p-Wert kleiner als 0,05 wurde als signifikant erachtet.

Der Kolmogorow-Smirnow-Test zeigte bezüglich der Schilddrüsengröße keine Normalverteilung. Deswegen wurden die Messwerte des Schilddrüsenvolumens durch den nicht parametrischen Test nach „Mann-Whitney-Wilcoxon“ (U-Test) analysiert.

## **5 Ergebnisse**

### **5.1 Demographische Patientendaten**

Im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2011 wurden in unserer Klinik 115 Patienten an der Schilddrüse operiert.

In der Patientengruppe 1 wurden 54 Patienten eingeschlossen, die sich im Jahr 2010 einer Operation an der Schilddrüse unterzogen. Bei diesen Patienten stand kein Videolaryngoskop zur Verfügung. Die primäre Intubation geschah mit einem konventionellen Laryngoskop, eine Nachkontrolle nach der OP-Lagerung fand nicht statt.

In der Patientengruppe 2 wurden 61 Patienten eingeschlossen, bei denen im Jahr 2011 eine operative Behandlung der Schilddrüse erfolgte. Bei diesen Patienten wurde die primäre Intubation sowie die Nachkontrolle nach der OP-Lagerung mit einem Videolaryngoskop durchgeführt.

Es gab keine signifikanten Unterschiede bezüglich der demographischen Daten zwischen den beiden Gruppen (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Demographische Daten der beiden Patientengruppen**

	<b>Gruppe 1</b>	<b>Gruppe2</b>
	<b>(Konventionelle Laryngoskopie)</b>	<b>(Video- laryngoskopie)</b>
<b>Alter in Jahren</b>	56 (23- 86)	55 (23- 81)
<b>Weiblich</b>	28 (52%)	33 (54%)
<b>Körpergröße in cm</b>	172 (150- 190)	162 (157- 188)
<b>Körpergewicht in kg</b>	82 (54- 164)	78 (55- 122)
<b>Body-Mass-Index in kg/m<sup>2</sup></b>	27,8 (24,5- 45,5)	29,7 (22,3- 34,5)

**Darstellung als Medianwert mit Spannweite bzw. als Anzahl (n) und relativer Anteil (%)**

## **5.2 Indikation zur Schilddrüsenoperation**

Der größte Teil der Patienten wurden wegen Struma nodosa operiert, gefolgt von Morbus Basedow und Schilddrüsenkarzinom als Operationsindikation (Tabelle 3). In dem untersuchten Patientengut wurden in Gruppe 1 sechs Patienten (11%) und in Gruppe 2 drei Patienten (5%) wegen eines Strumarezidivs operiert. Es findet sich kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p > 0,1$ ).

**Tabelle 3: Indikation zur Schilddrüsenoperation**

<b>Indikation</b>	<b>Gruppe 1 (Konventionelle Laryngoskopie)</b>	<b>Gruppe2 (Video- laryngoskopie)</b>
<b>Struma nodosa</b>	45 (83%)	45 (74%)
<b>Morbus Basedow</b>	1 (2%)	6 (10%)
<b>Schilddrüsenautonomie</b>	-	4 (6,5%)
<b>Thyreoiditis</b>	2 (4%)	-
<b>Malignom</b>	6 (11%)	4 (6,5%)
<b>Nebenschilddrüsenadenom</b>	-	2 (3%)

**Angabe als Anzahl (n) und relativer Anteil (%)**

### **5.3 Eingriffsverfahren**

Üblicherweise erfolgten die Schilddrüsenoperationen über den sogenannten Kragenschnitt nach Kocher wenige Zentimeter oberhalb des Jugulums. Eine partielle obere mediane Sternotomie war in drei Fällen (6%) der Gruppe 1, und in zwei Fällen (3%) der Gruppe 2 notwendig. Nach der Freipräparierung der Schilddrüse erfolgte die Resektion, je nach lokalem Befund und vorliegender Erkrankung (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Resektion**

<b>Resektion</b>	<b>Gruppe 1 (Konventionelle Laryngoskopie)</b>	<b>Gruppe 2 (Video- laryngoskopie)</b>
<b>Hemithyreoidektomie einseitig</b>	18 (33%)	14 (23%)
<b>Hemithyreoidektomie mit kontralateraler subtotaler Resektion</b>	13 (24%)	9 (15%)
<b>Subtotale Resektion (einseitig und beidseitig)</b>	6 (11%)	5 (8%)
<b>Totale Thyreoidektomie</b>	17 (32%)	31 (51%)
<b>Parathyreoidektomie</b>	-	2 (3%)

**Angabe als Anzahl (n) und relativer Anteil (%)**

Die intraoperative Volumenbestimmung und die pathologische Aufarbeitung des Resektats zeigten im Median ein Gewebenvolumen von 120 ml (12- 650 ml) in Patientengruppe 1 und 100 ml (24 – 470 ml) in Patientengruppe 2. Es gab keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Schilddrüsengröße zwischen den beiden Gruppen. Bei 30% der Patienten ließen sich aus der Dokumentation keine Rückschlüsse über das Schilddrüsenvolumen ziehen.

Die Operationen wurden größtenteils von erfahrenen Operateuren (Chefarzt oder Oberarzt) oder mindestens im Beisein erfahrener Operateure durchgeführt (Tabelle 5). Narkosen wurden fast ausschließlich durch Fachärzte bzw. Anästhesisten mit Facharztstandard durchgeführt (Tab. 5).

**Tabelle 5: Erfahrung der Operateure und der Anästhesisten**

		Gruppe 1	Gruppe2
		(Konventionelle Laryngoskopie)	(Video- laryngoskopie)
Operateur	CA/ OA	42 (78%)	41 (67%)
	FA/ Ass.	12 (22%)	20 (33%)
Anästhesist	FA/ FA-Standard	54 (100%)	54 (89%)
	Ass.	-	7 (11%)

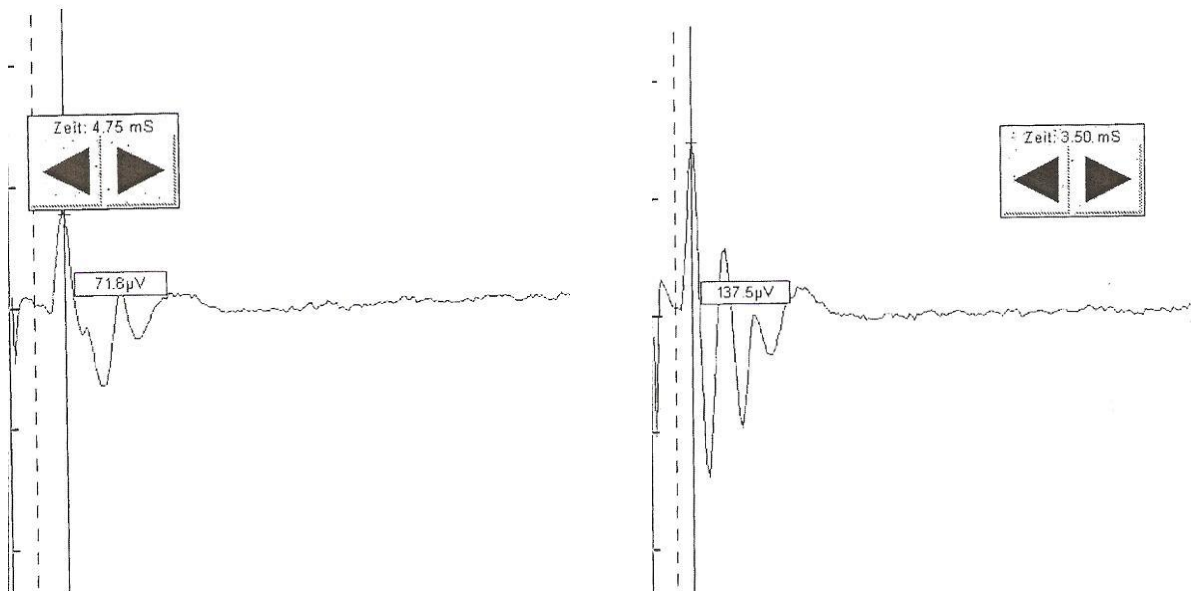
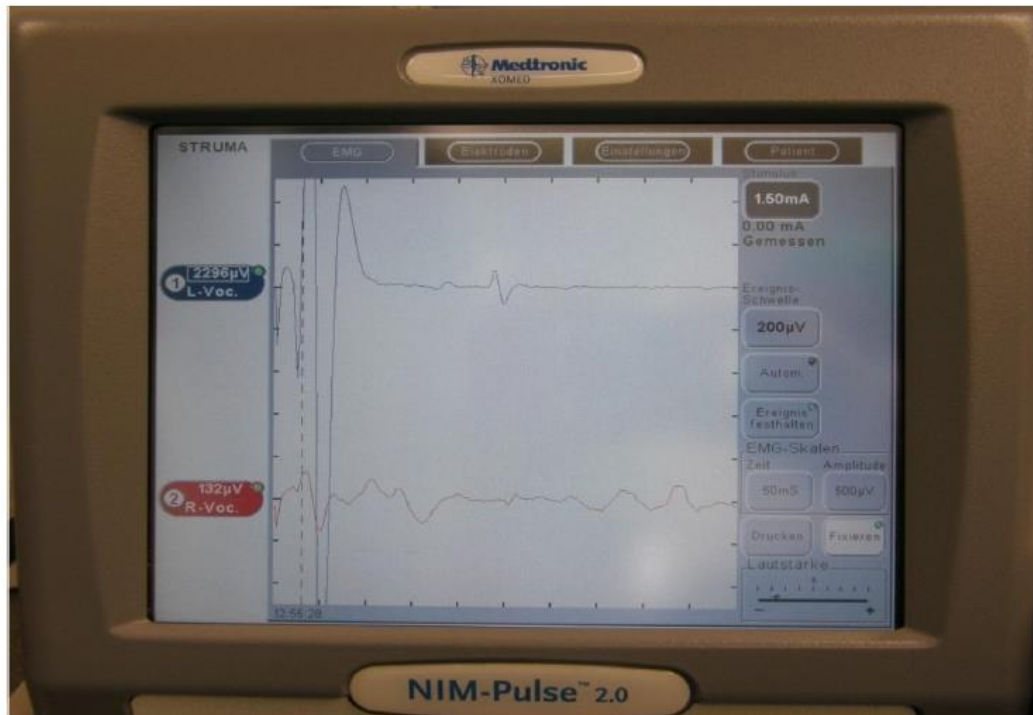
**Angabe als Anzahl (n) und relative Anteil (%)**

#### 5.4 IONM

Ein erfolgreiches Monitoring erfordert, dass man eindeutige Muskelpotenziale aus dem OP-Gebiet ableiten kann (Abb. 8). Unter „nicht erfolgreiches“ Monitoring wird das Ausbleiben des Signals verstanden (Abb. 9).

Ein erfolgreiches Monitoring gelang in der Gruppe 2 (Videolaryngoskopie) signifikant häufiger ( $p < 0,001$ ) als in der Gruppe 1 (konventionelle Laryngoskopie) (Tabelle 6). Bei 5 Patienten der Gruppe 1 und bei 3 Patienten der Gruppe 2 wurde der Nichterfolg auf technische Probleme zurückgeführt (Abb. 9). Diese Fälle setzen sich folgendermaßen zusammen: Funktionsstörung des Geräts, Bedienungsprobleme, kein zufriedenstellendes Signal.



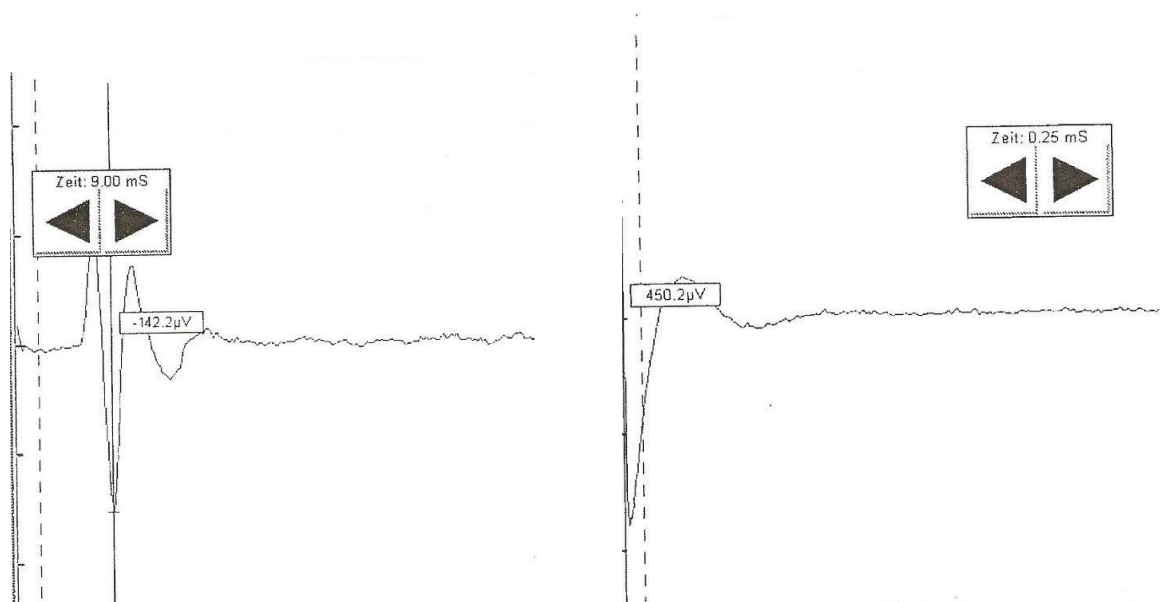


**Abb. 8 Intraoperatives Neuromonitoring:** Wenn ein Nerv mit der Stimulationssonde stimuliert wird, erkennt das NIM®-System ein EMG-Ereignis und ermöglicht die Verifizierung der Nervenfunktion. Das EMG-Signal wird als Spannungs-Zeit-Kurve auf dem Monitor graphisch dargestellt. Beispiel eines IONM Signals nach erfolgreicher Stimulation des NLR als EMG, (links) vor und (rechts) nach der Resektion (NIM Pulse 2.0 der Fa. Medtronic) (Vosschulte 2010).

**Tabelle 6: Erfolg des Monitorings**

	Gruppe 1 (Konventionelle Laryngoskopie)	Gruppe 2 (Video- laryngoskopie)
Monitoring nicht erfolgreich	21 (39%)	6 (10%)
Monitoring erfolgreich	33 (61%)	55 (90%)

Angabe als Anzahl (n). Der Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 ist signifikant ( $P < 0,001$ ).



**Abb. 9 Intraoperatives Neuromonitoring II:** Graphische Dokumentation eines erfolgreichen IONM Signals vor der Resektion (links) und eines nicht erfolgreichen IONM Signals nach der Resektion (rechts).

## 5.5 Komplikationen

Die Häufigkeit von Stimmbandlähmungen war in den zwei Gruppen unterschiedlich. So traten während des Krankenhausaufenthaltes signifikant mehr bestätigte Stimmbandlähmungen in der Gruppe 1 (konventionelle Laryngoskopie) als in der Gruppe 2 (Videolaryngoskopie) auf ( $p < 0,05$ ). Leider hatten wir bei 1 Patient der Gruppe 1 und 7 Patienten der Gruppe 2 kein postoperatives HNO-Konsil. Hier wurde eine Recurrensparese anhand der klinischen Untersuchung seitens der chirurgischen Kollegen ausgeschlossen. Daraus ergibt sich die Diskrepanz in der Tabelle 7. Auch die Häufigkeit von Heiserkeit unterschied sich signifikant zwischen den zwei Gruppen ( $p < 0,05$ ).

**Tabelle 7: Komplikationen der Chirurgie**

	<b>Gruppe 1</b>	<b>Gruppe 2</b>
	<b>(Konventionelle Laryngoskopie)</b>	<b>(Video-laryngoskopie)</b>
<b>Laryngoskopisch durch HNO bestätigte Lähmung</b>	11 (20%)	4 (6%)*
<b>Keine Lähmung</b>	42 (80%)	50 (94%)
<b>Heiserkeit</b>	18 (33%)	8 (13%)*

**Angabe als Anzahl (n) und relativer Anteil (%) (\* $p < 0,05$ )**

Ohne Monitoring waren mehr Komplikationen seitens der Stimmbandfunktion zu verzeichnen als mit Monitoring. Bei den 27 Gesamtpatienten, bei denen das Monitoring nicht erfolgreich war, traten Stimmbandlähmungen mit einer Rate von 30% signifikant gehäuft auf als bei den 88 Patienten, bei denen das Monitoring erfolgreich war. Hier waren nur bei 10% der Patienten Stimmbandlähmungen zu verzeichnen ( $p=0,048$ , Fischer exact Test) (Tabelle 8).

**Tabelle 8: Vorkommen von Heiserkeit und Lähmung nach Erfolg des Monitorings**

	<b>Monitoring erfolgreich</b>	<b>Monitoring nicht erfolgreich</b>
<b>Heiserkeit</b>	15 (17%)	11 (44%)*
<b>Keine Heiserkeit</b>	73 (83%)	16 (56%)
<b>Laryngoskopisch durch HNO bestätigte Lähmung</b>	7 (10%)	8 (30%)
<b>Keine Lähmung</b>	81 (90%)	19 (70%)*

**Angabe als Anzahl (n) und relativer Anteil (%) (\* $p < 0,01$ )**

## 5.6 Tubusevaluierung nach Lagerung in OP-Saal

Bei der wiederholten Videolaryngoskopie nach der OP-Lagerung, die in der Patientengruppe 2 durchgeführt wurde, wurde die Tubuslage erneut evaluiert. Es zeigte sich, dass nach der OP-Lagerung der primär korrekt platzierte Tubus häufig disloziert war. Es waren sowohl nach distal als auch nach proximal Dislokationen festzustellen. Darüber hinaus zeigten sich Dislokationen durch Drehbewegung. In der Summe fanden

wir einen intakten Kontakt des Tubus mit den Stimm lippen nur in 56 % der Fälle (34 Patienten), in allen anderen Fällen wäre ohne erneute Videolaryngoskopie nach OP-Lagerung mit einer nicht erfolgreichen Ableitung der Potenziale zu rechnen gewesen (Tabelle 9).

**Tabelle 9: Tubusdislokation nach OP-Lagerung**

	Patienten (n, %*)	Bewegung in cm / Grad
nach distal	12 (20)	1,5 (0,5 - 3)
nach proximal	15 (25)	1 (0,5 - 3)
um die eigene Achse	26 (43)	0 (10 - 90)

Angabe als Anzahl (n), bei Tubusdislokation auch: Median (Spannweite).

Mehrfachnennungen möglich. \* Im Verhältnis zu Gesamtzahl der Patienten (n=61).

## 6. Diskussion

Die Schilddrüsenchirurgie birgt neben den allgemeinen Operationsrisiken die Gefahr einer Rekurrensparese mit unter Umständen lebensbedrohlicher oder lebenslanger Beeinträchtigung des betroffenen Patienten. Eine aktuelle Analyse mit über 25000 Patienten nach Schilddrüsenchirurgie zeigte eine durchschnittliche Rate transienter Rekurrensparesen von 9,8% (0% bis 18,6%) (Phelan et al. 2014, Jeannon et al. 2009). Seit über 100 Jahren wird nach potentiellen Risiken für diese Komplikationen und nach Möglichkeiten, diese zu vermeiden, gesucht. Eine weitverbreitete Möglichkeit, die Verletzung des NLR zu vermeiden, ist die leitliniengerechte visuelle Darstellung des Nervens. Die Visualisierung ohne Hilfsmittel kann jedoch aufgrund zum Teil aberranter Verläufe erschwert sein. Aufgrund zahlreicher Studien besteht hinreichende Evidenz, dass mit Hilfe des IONM gegenüber der ausschließlich visuellen Darstellung die Identifikation des NLR erleichtert werden kann (Dralle et al. 2013, Barczynski et al. 2009, Barczynski et al. 2014, Alesina et al. 2012, Timmermann et al. 2004, Snyder und Hendricks 2005, Chiang et al. 2008, Goretzki et al. 2010, Duclos et al 2011).

Mit dem IONM kann die Erkennung des Nervens deutlich verbessert werden und so zur Sicherheit der Operation beitragen. Ziel des IONM ist es, die Lage des NLR mithilfe von Stimulationselektroden und Messung der erfolgreichen Stimulation am Zielmuskel zu ermitteln. Der Zielmuskel ist der M. vocalis. Eine erfolgreiche Stimulation des NLR während der Operation kann man anhand der EMG-Ableitung über Elektroden, die an der Außenseite des Endotrachealtubus angebracht sind, erkennen. Eine wesentliche Voraussetzung einer erfolgreichen Ableitung bei dieser Methode ist die präzise Platzierung des Tubus. Das heißt der Tubus muss unter laryngoskopischer Sicht so platziert sein, dass die seitlich angebrachten Elektroden den jeweiligen M. vocalis berühren (Abb. 3). Hierzu sind zwei Methoden möglich, die konventionelle direkte Laryngoskopie und die neuere Videolaryngoskopie (Abb. 5). Ein wesentliches Ziel unserer retrospektiven Studie war es zu untersuchen, inwieweit die Nutzung der Videolaryngoskopie eine präzise Platzierung des Tubus und somit der Elektroden ermöglicht und damit die Erfolgsraten einer Identifizierung des NLR verbessert. Mit der Einführung der Videolaryngoskopie konnte in unserer Studie die Rate an erfolgreichem

IONM signifikant gegenüber der Kontrollgruppe verbessert werden. Nur in 10% der Patienten war trotz videolaryngoskopischer Überprüfung und Korrektur der Tubuslage das IONM nicht erfolgreich, während in der Gruppe mit konventioneller Laryngoskopie die Rate bei 39% lag.

Die in unserer Arbeit dargestellten Ergebnisse zeigen deutlich, dass die erfolgreiche Platzierung des Tubus mit dem Videolaryngoskop wesentlich zur Senkung der Komplikationsrate einer Schilddrüsenoperation beiträgt. Ohne erfolgreiches Monitoring waren mehr Komplikationen seitens der Stimmbandfunktion zu verzeichnen als mit erfolgreichem Monitoring.

So traten während des Krankenhausaufenthaltes bestätigte Stimmbandlähmungen in der Gruppe der konventionellen Laryngoskopie deutlich häufiger (20%) auf, als in der Gruppe mit Videolaryngoskopie (6%,  $p < 0,05$ ). Auch die Häufigkeit von Heiserkeit unterschied sich signifikant zwischen den zwei Gruppen. Somit nahm die Rate an Heiserkeit und Stimmbandlähmung unter Nutzung der Videolaryngoskopie deutlich ab.

Die direkte Laryngoskopie kann zwar eine korrekte Lage des Tubus während der primären Intubation sichern, durch die endgültige Operationslagerung kann sich die Lage des Tubus jedoch ändern und so zur Fehllage des Tubus führen. Entscheidend ist die korrekte Lage während der Operation. Unsere Resultate lassen sich damit erklären, dass die zweite (indirekte) Videolaryngoskopie nach der endgültigen OP-Lagerung für das positive Ergebnis entscheidend war. Trotz der primär korrekten Tubusplatzierung mit der ersten Videolaryngoskopie konnten wir nach der Lagerung bei erneuter Videolaryngoskopie bei 44 % der Patienten eine inkorrekte Lage des Tubus (d.h. kein Kontakt der Elektroden mit den Stimmlippen) feststellen, teils weil der Tubus in der Achse gedreht war (zwischen 10 und 90 Grad), teils weil er nach proximal oder distal disloziert war (0,5 cm bis sogar 3 cm). Somit war die Korrektur und Neuplatzierung des Tubus nach erfolgter OP-Lagerung für das positive Ergebnis des IONM entscheidend. Diese Korrektur ist bei der typischen überstreckten Kopflagerung zur Schilddrüsenoperation mit der konventionellen Laryngoskop nicht ohne Aufhebung der Lagerung möglich, mit der Videolaryngoskopie aber bei erhaltener OP-Lagerung mühelos machbar.

Es finden sich wenige Daten zum Einsatz der Videolaryngoskopie in Zusammenhang mit IONM. In einem kurzen Beobachtungsbericht empfehlen Chen und Kumar den Einsatz der Videolaryngoskopie bei der Schilddrüsenoperation. Auch sie führten ein "second look" nach der Lagerung durch und beobachteten, dass es gelegentlich Tubusdislokationen nach distal oder auch Achsendrehungen kam. Die Autoren betonen, wie wichtig eine korrekte Tubusplatzierung ist und geben an, nach Einführung dieser Methode kein falsch negatives Signal mehr beobachtet zu haben (Chen und Kumar 2016). Es muss jedoch einschränkend erwähnt werden, dass Chen und Kumar keine systematische Studie durchführten sondern lediglich von Erfahrungswerten berichteten ohne Zahlen vorzulegen.

Das Neuromonitoring senkt die Rate an Stimmbandlähmung, kann aber das Auftreten einer Lähmung des NLR nicht gänzlich ausschließen. Trotz erfolgreichem Neuromonitoring kann es zu Stimmbandlähmungen kommen. In unserer Studie haben wir bei 6 Patienten eine Stimmbandlähmung trotz korrekter Tubuslage und korrekter Ableitung festgestellt. Bereits eine frühere Studie konnte zeigen, dass eine solche „falsch positive“ Konstellation durchaus möglich ist (Timmermann et al. 2004). Mögliche Ursachen für falsch positive Ergebnisse (postoperative Recurrensparese trotz positivem Neuromonitoringsignal vor und nach Resektion) können eine Stimulation kehlkopfwärts eines Schadens, veränderte Ableit- u./o. Stimulationsbedingungen (Gerät, Patient, Tubusdislokation), das Auftreten einer Nervenschädigung nach letzter Stimulation (durch chirurgische Manipulation, durch postoperative Ödem- oder Hämatombildung), nicht neurogene Stimmlippenfunktionsstörung (Ödem, Aryknorpelläsion) oder die Schädigung des dorsalen Recurrenssastes mit Ausfall des M. posticus sein (Dralle et al. 2004, Timmermann et al. 2004).

Eine Metaanalyse von Yang et al. schlussfolgert, dass die visuelle Identifizierung und eine vorsichtige Dissektion, Goldstandard der NLR-Schonung bleiben (Yang et al. 2017). In der Zusammenschau von 24 Studien mit insgesamt 9203 Patienten und 17203 nerves at risk (NAR) zeigte sich, dass die Gesamt-Recurrenspareserate bei Verwendung von IONM abnahm, jedoch ohne die Rate permanenter Rekurrensparesen signifikant zu senken (0,67% für IONM vs. 1,07%, OR 0,78 (95% CI 0,55-1,09) (Yang et



al. 2017). Unsere Studie bietet eine Erklärung, warum das IONM in der bisherigen Literatur teilweise zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt haben könnte. IONM kann nur dann erfolgreich funktionieren, wenn die Stimmbänder mit den Elektroden auch tatsächlich während der Operation in Kontakt sind. Mit der Videolaryngoskopie kann man die Fehlerquelle einer sekundären Dislokation nach primär korrekter Platzierung bedingt durch die Lagerung zur Operation beseitigen.

Die Diskrepanz zwischen intraoperativ unauffälligem IONM und postoperativ auftretendem Stimmlippenstillstand kann in Zukunft durch weitere Optimierung des IONM möglicherweise reduziert werden. Eine absolut sichere Vorhersage der postoperativen Stimmbandfunktion ist allerdings wohl nicht möglich (Timmermann et al. 2002).

Bei einer Stimmbandlähmung steht die Heiserkeit (Dysphonie) als Symptom im Vordergrund, jedoch ist nicht jede Heiserkeit nach einer Schilddrüsenoperation durch eine wirkliche Stimmbandlähmung bedingt. Eine Heiserkeit kann auch durch eine Schwellung der Stimmbänder verursacht sein, ohne dass die muskuläre Funktion beeinträchtigt ist. In unserer retrospektiven Studie fanden wir, dass von insgesamt 26 Patienten mit Heiserkeit, nur bei 14 tatsächlich eine durch Laryngoskopie bestätigte Stimmbandparese vorlag. Andererseits fand sich in unserer Studie auch ein Patient mit Stimmbandlähmung, bei dem keine Heiserkeit vorlag.

Die vorliegende Studie weist einige Schwächen und Limitationen auf, sie zeichnet sich aber auch durch einige Stärken auf. Der Hauptkritikpunkt ist die retrospektive Durchführung. Allerdings spiegelt die retrospektive Auswertung am ehesten den klinischen Routinenbetrieb wider. In der zweiten Phase der Studie wurde dem IONM deutlich mehr Aufmerksamkeit geschenkt als in der ersten Phase, da durch die Einführung der Videolaryngoskopie nun eine gezielte Optimierungsmöglichkeit zur korrekten Elektrodenplatzierung verfügbar war. In der ersten Phase waren die Chirurgen möglicherweise von der höheren Rate an nichterfolgreichen Monitoring enttäuscht, so dass sie den gewonnenen Ergebnissen des IONM weniger Bedeutung beigemessen haben. Eingeschränkt interpretierbar sind die Daten auch aufgrund der monozentrischen Durchführung der Studie und der relativ geringen Patientenzahl.

Dennoch konnten wir zum einen zeigen, dass ein erfolgreiches IONM in beiden Gruppen die Rate an NLR-Paresen senkt, und zum anderen, dass die Einführung der Videolaryngoskopie zur Lagekontrolle des EMG-Tubus nach Lagerung zur Operation mit einer höheren Rate an erfolgreichen IONM einherging, was konsekutiv zu einer signifikant geringeren Rate an Rekurrensparesen führte. Zu den Stärken dieser Studie zählt vor allem die Tatsache, dass die meisten Patienten konsequent postoperativ durch einen HNO-Arzt nachuntersucht worden sind. Eine Untermauerung der gewonnen Daten und Ergebnisse in einer randomisiert prospektiven Studie in einem größeren Patientenkollektiv sowie multizentrisch ist empfehlenswert.

## 7 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass bei Anwendung des IONM bei Schilddrüsenoperationen eine routinemäßige videolaryngoskopische Kontrolle der Tubuslage nach Lagerung des Patienten zur Operation die Rate eines erfolgreichen Monitorings erhöhen kann und damit die Rate an NLR-Paresen und Heiserkeit senken kann.

Das IONM des NLR bei Schilddrüsenoperationen senkt die Rate an Stimmbandlähmungen, kann aber das Auftreten einer Lähmung des NLR nicht gänzlich ausschließen. Trotz erfolgreichem Neuromonitoring kann es zu Stimmbandlähmungen kommen.

Die Diskrepanz zwischen intraoperativ unauffälligem IONM und postoperativ auftretendem Stimmlippenstillstand kann in der Zukunft durch weitere Optimierung der Nutzung des IONM möglicherweise reduziert werden.

Ein möglicher Optimierungsansatz ist die korrekte Platzierung der Tubus-Elektroden in ihrem Verhältnis zu den Stimmbändern. Die Videolaryngoskopie erleichtert die korrekte Platzierung bei der primären Intubation. Dies ist auch mit der konventionellen Laryngoskopie möglich. Der entscheidende Vorteil der Videolaryngoskopie ist dabei, dass man die Lage des Tubus ohne Aufhebung der typischen Operationslagerung mit überstrecktem Kopf unmittelbar vor der Operation nachkontrollieren und ggf. korrigieren kann. Dies ist mit der konventionellen Laryngoskopie nicht möglich.

## 8 Literatur- und Quellenverzeichnis

Alesina PF, Rolfs T, Hommeltenberg S, Hinrichs J, Meier B, Mohamad W, Hofmeister S, Walz MK. 2012. Intraoperative neuromonitoring does not reduce the incidence of recurrent laryngeal nerve palsy in thyroid reoperations: results of a retrospective comparative analysis. *World J Surg.* 36: 1348-1353.

Barczynski M, Konturek A, Cichon S. 2009. Randomized clinical trial of visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy. *Br J Surg.* 96: 240-246.

Barczynski M, Pragacz K, Stopa M. 2014. Intraoperative nerve monitoring can reduce prevalence of recurrent laryngeal nerve injury in thyroid reoperations: results of a retrospective cohort study. *World J Surg.* 38: 599-606.

Chen T-Y, Kumar A. 2016. Usefulness of video laryngoscopy before thyroid surgery to improve nerve monitoring: a technical note. *Clin. Otolaryngol.*

Chiang FY, Lu IC, Kuo WR, Lee KW, Chang NC, Wu CW. 2008. The mechanism of recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery – The application of intraoperative neuromonitoring. *Surgery.* 143: 743-749.

Dralle H, Lorenz K, Schabram P, Musholt TJ, Dozenrath C, Goretzki PE, Kußmann J, Niederle B, Nies C, Schabram J, Scheuba C, Simon D, Steinmüller T, Trupka A. 2013. Intraoperatives Neuromonitoring in der Schilddrüsenchirurgie. Empfehlungen der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Endokrinologie. *Chirurg*, 84(12): 1049-1056.

Dralle H, Timmermann W, Kruse E, Grond S, Hamelmann WH, Neumann HJ, Richter C, Mühlig HP, Blankenburg C, Kampf E, Lorenz K, Sekulla C. 2004. Was bringt das Neuromonitoring für die Schilddrüsenchirurgie? *Arzt und Krankenhaus*, 12.

Dralle H, Sekulla C, Härting J, Timmermann W, Neumann HJ, Kruse E, Grond S, Mühlig HP, Richter C, Voß J, Thomusch O, Lippert H, Gastinger I, Brauckhoff M, Gimm O. 2004. Risk factors of paralysis and functional outcome after recurrent laryngeal nerve monitoring in thyroid surgery. *Surgery*, 136:1310-22.

Duclos A, Lifante JC, Ducarroz S, Soardo P, Colin C, Peis JL. 2011. The influence of intraoperative neuromonitoring on surgeons technique during thyroidectomy. World J Surg. 35: 773-778.

Friedrich T, Stämmeler A, Hänsch U, Würl P, Steinert M, Eichfeld U. 2002. Anwendung des Neuromonitoring des N. laryngeusrecurrens in der Schilddrüsenchirurgie - eine prospektive Studie. ZentralblChir, 127:414-20.

Goretzki PE, Schwarz K, Brinkmann J, Wirowski D, Lammers BJ. 2010. The impact of intraoperative neuromonitoring (IONM) on surgical strategy in bilateral thyroid disease: Is it worth the effort? World J Surg. 34: 1274-1284.

Hertlein L. 2007. Vergleich zweier Methoden des intraoperativen Neuromonitorings der Stimmbandnerven in der Schilddrüsenchirurgie mit ergänzender Stimmanalyse – eine prospektive Studie [Dissertation]. München: Ludwig-Maximilian-Universität.

Internetquellen:

[https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz\\_assets/ASSETS/3250416.pdf](https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3250416.pdf),  
<http://fachpflegewissen.de/2014/09/13/videolaryngoskop>,  
[www.neuromonitoring.com.pl/download/9wjuu1338452328.pdf](http://www.neuromonitoring.com.pl/download/9wjuu1338452328.pdf)

Jeannon JP, Orabi AA, Bruch GA, Abdalsalam HA, Simo R. 2009. Diagnosis of recurrent laryngeal nerve palsy after thyroidectomy: a sistematic rewiew. Int J Clin Pract. 63: 624-629.

Jonas J. 2002. Wie zuverlässig ist das Neuromonitoring des Nervuslaryngeusrecurrens in der Schilddrüsenchirurgie? Zentralbl. Chir., 127, 404-408.

Kill C, Dersch W, Jerrentrup A. 2012. Videolaryngoskopie. Notfallmedizin up2date,7.

Koester M, Zorowka P, Wolf S. 2003. Neuromonitoring in thyroid surgery: the view of the laryngologist. EurSurg, 246-9.

Larsen R. 2006. Anästhesie. 8. Auflage. Urban & Fischer Verlag, München, 514.

Lorenz K, Sekulla C, Schelle J, Schmeiß B, Brauckhoff M, Dralle H. 2010. German Neuromonitoring Study Group: What are normal quantitative parameters of intraoperative neuromonitoring (IONM) in thyroid surgery? *LangenbecksArchSurg*, 395:901-9.

Marusch F, Hussock J, Haring G, Hachenberg T, Gastinger I. 2005. Influence of muscle relaxation on neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery. *British J of Anaesthesia*, 94(5):596-600.

Musholt TJ, Clerici et al. 2011. German Association of Endocrine Surgeons practice guidelines for the surgical treatment of benign thyroid disease. *LangenbecksArchSurg*, 396:639-649.

Neumann H-J, Hamelmann WH, Timmermann W. 2001. Intraoperatives neurophysiologisches Monitoring des Nervusrecurrens – Operationstechnische Verfahren zur Identifizierung des Nervs. *DeutschesÄrzteblatt* 98, A1129-1133.

Phelan Eimear, Rick Schneider, Kerstin Lorenz, Henning Dralle, Dipti Kamani, Andre Potenza, Niranjana Sritharan, Jennifer Shin, Gregory W. Randolph 2014. Continuous vagal IONM prevents Recurrent Laryngeal Nerve Paralysis by revealing initial EMG changes of impending neuropraxic injury: a prospective, Multicenter Study. *The Laryngoscope*, 124:1498-1505.

Randolph GW. 2003. Surgical anatomy of the recurrent laryngeal nerve. *Surgery of the thyroid and parathyroid glands*. Saunders Philadelphia, 300- 42.

Ridell V. 1970. Thyroidectomy: prevention of bilateral recurrent nerve palsy. Results of identification of the nerve over 23 consecutive years (1946-69) with a description of an additional safety measure. *Br J Surg*, 57(1):1-11.

Scharlau U, Steffen H, Hermann K. 2008. Die benigne Knotenstruma. Aktuelle Behandlungsstrategien aus chirurgischer Sicht. *Ärztebl. MecklenburgVorpommern*, 230-3

Seidel-Schneider EN. 2004. Die Risikofaktoren und Komplikationen in der chirurgischen Strumatherapie. Analyse von 2728 Schilddrüsenoperationen und Untersuchung spezifischer Risikofaktoren in Bezug auf postoperative Komplikationen [Dissertation]. Berlin: Humboldt-Universität.

Snyder SK, Hendricks JC. 2005. Intraoperative neurophysiology testing of the recurrent laryngeal nerve: Plaudits und pitfalls. Surgery. 138: 1183-1192.

Siewert JR, Rothmund M, Schumpelick V. 2007. Praxis der Viszeralchirurgie, Endokrine Chirurgie. Springer, Heidelberg, 2. Auflage:74, 34.

Simon D, Boucher M, Schmidt-Wilke. 2014. Intraoperative Vermeidung und Erkennung von Rekurrensparesen in der Schilddrüsenchirurgie. Der Chirurg 2014.

Sosa JA, et al. 1998. The importance of surgeon experience for clinical and economic outcomes from thyroidectomy. Ann Surg, 228:320-30.

Statistisches Bundesamt (Destatis). 2012. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik). Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern-Ausführliche Darstellung. Statistisches Bundesamt.

Striebel HW. 2014. Die Anästhesie Grundlagen und Praxis. Dritte Aufl. Stuttgart: Schattauer-Verlag, 223.

Thomusch O, Machens A et al. 2003. The impact of surgical technique on postoperative hypoparathyroidismus in bilateral thyroid surgery: a multivariate analysis of 5846 consecutive patients. Surgery, 133:180-185.

Tillmann BN. 2010. Atlas der Anatomie. Springer, Heidelberg.

Timmermann W, Hamelmann WH, Thomusch O, Sekulla C, Grond S, Neumann HJ, Kruse E, Mühlig HP, Richter C, Voss J, Dralle H. 2004. Zuverlässigkeit und Konsequenzen des intraoperativen Neuromonitorings in der Schilddrüsenchirurgie. Stellungnahme der "Interdisziplinären Studiengruppe Intraoperatives Neuromonitoring Schilddrüsenchirurgie". Chirurg 75, 916-922.

Timmermann W, Hamelmann WH, Thiede A. 2004. Schilddrüsenchirurgie: Neuromonitoring zur Schonung des Nervusrecurrens. Deutsches Ärzteblatt 05.

Timmermann W, Dralle H, Hamelmann W, Thomusch O, Sekulla C, Meyer T, Timm S, Thiede A. 2002.Reduziert das intraoperative Neuromonitoring die Recurrenspareserate bei Schilddrüsenoperationen? ZentralblChir. 127, 395-399.

Timmermann W, Hamelmann WH, Thiede A .2004. Schilddrüsenchirurgie: Neuromonitoring zur Schonung des Nervusrecurrens.Deutsches Ärzteblatt. 101, A1341-1345.

Vosschulte AR. 2010. Schilddrüsenresektionen Veränderung der Resektionsstrategie bei Struma multinodosa durch das intraoperative Neuromonitoring des Nervus laryngeus recurrens [Dissertation]. Bochum: Ruhr-Universität.

Woenckhaus U, Büttner R, Bollheimer LC. 2007. Entfernung von Schilddrüse und Nebenschilddrüse. Internist, 48:569-77.

Yang Shuwen, Li Zhou, Zhongwu Lu, Ben Ma, Qinghai Ji, Yu Wang. 2017. International Journal of Surgery 39: 104-113

Zirkler J. 2007. Elektrophysiologische Untersuchungen am Nervuslaryngeusrecurrens des Menschen mit verschiedenen Verfahren des Neuromonitorings. Inaugural-Dissertation, Würzburg.



## 9 Anhang

### Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1:	Mittelwert der Latenzzeiten in Millisekunden (ms).....	25
Tabelle 2:	Demographische Daten der beiden Patientengruppen.....	28
Tabelle 3:	Indikation zur Schilddrüsenoperation.....	29
Tabelle 4:	Resektion.....	30
Tabelle 5:	Erfahrung der Operateure und der Anästhesisten.....	31
Tabelle 6:	Erfolg des Monitorings.....	33
Tabelle 7:	Komplikationen der Chirurgie.....	34
Tabelle 8:	Vorkommen von Heiserkeit und Lähmung nach Erfolg des Monitorings..	35
Tabelle 9:	Tubusdislokation nach OP-Lagerung.....	36
Abbildung 1:	Leitungsbahnen am Hals, vordere Halsregion (aus: Tillmann 2010) .....	11
Abbildung 2:	Das Prinzip des IONM beruht auf der instrumentellen Prüfung des Reflexbogens zwischen N. vagus bzw. NLR und dem M. vocalis. Ableitung des Signals an einem freipräparierten Stimmbandnerven. Das EMG des M. vocalis wird durch Ableitelektroden, die auf dem Beatmungstubus aufgebracht sind, aufgenommen und auf dem Monitor abgebildet (Internet, Fa. Medtronic).....	13
Abbildung 3:	Platzierung des EMG-Tubus. Es wird empfohlen, den Tubus in einer Größe zu verwenden, die gewährleistet, dass die Kontakte gut an der Stimmbandmuskulatur anliegen (z.B. Größe 7.5 bei	

	Frauen und 8.5 bei Männern). (Quelle: Internet <a href="http://www.neuromonitoring.com">www.neuromonitoring.com</a> ).....	14
Abbildung 4:	Kopflagerung für die endotracheale Intubation (verbesserte Jackson-Position). Schematische Darstellung der oralen, pharyngealen und laryngealen Achse. a) ungünstiger Achsenverlauf bei normaler Kopflagerung. b) durch Anheben des Kopfes mit einem Kissen um ca. 10 cm, bei auf dem Tisch liegenden Schultern, nähern sich laryngeale und pharyngeale Achse einander an. c) Intubationsgerechte Lagerung: Anheben des Kopfes in Verbindung mit Streckung im Atlantookzipitalgelenk schafft eine kurze, nahezu gerade verlaufende Achse von den Schneidezähnen bis zur Epiglottis. (Striebel 2014, Larsen 2006).....	15
Abbildung 5:	Funktionsprinzip der Videolaryngoskopie mit indirektem Blick (Kill et al. 2012).....	16
Abbildung 6:	Typischer zum Neuromonitoring geeigneter Endotrachealtubus mit integrierter Ableitungselektrodenfläche (A). Im unterem Bildabschnitt (B) sieht man die zwei Ableitungselektroden (schwarz) in enger Nachbarschaft zum M. vocalis. (C) Der Tubus muss so platziert sein, dass die seitlichen Elektroden (rot und blau) zwischen den beiden Stimmlippen liegen. (Surg. 2009) Quelle: Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD: Morgan & Mickail's Clinical Anesthesiology, 5 <sup>th</sup> Edition. Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. ....	21
Abbildung 7:	C-MAC® Videolaryngoskop Fa.Storz. Das Videolaryngoskop bietet die Möglichkeit die Intubation und Tubuspassage auf einem Videomonitor zu verfolgen. Da sich die Kamera am distalen Ende des Spatels befindet, muss keine direkte Sichtachse mehr	

zwischen dem Auge und der Stimmritze hergestellt werden.  
(Quelle: Internet. [www.karlstorz.com](http://www.karlstorz.com)).....23

Abbildung 8: Intraoperatives Neuromonitoring: Wenn ein Nerv mit der Stimulationssonde stimuliert wird, erkennt das NIM®-System ein EMG-Ereignis und ermöglicht die Verifizierung der Nervenfunktion. Das EMG-Signal wird als Spannungs-Zeit-Kurve auf dem Monitor graphisch dargestellt. Beispiel eines IONM Signals nach erfolgreicher Stimulation des NLR als EMG, (links) vor und (rechts) nach der Resektion (NIM Pulse 2.0 der Fa. Medtronic) (Vosschulte 2010).....32

Abbildung 9: Intraoperatives Neuromonitoring II: Graphische Dokumentation eines erfolgreichen IONM Signals vor der Resektion (links) und eines nicht erfolgreichen IONM Signals nach der Resektion (rechts).....33

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. Andreas Kortgen möchte ich für seine wissenschaftliche und methodische Unterstützung während der gesamten Bearbeitungsphase meiner Dissertation danken.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. med. W. Karzai, Chefarzt der Klinik für Anästhesie der Zentralklinik Bad Berka GmbH, der diese Arbeit erst möglich machte und mich bei der Bearbeitung stets durch zielführende Diskussionen und anhaltende Hilfestellung begleitet und unterstützt hat.

Besonders möchte ich an dieser Stelle auch meinem Mann Cosmin, für die unermüdliche Stärkung und Motivierung danken, sowie für das stets offene Ohr für meine Gedanken.

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes unterstützt haben: Herr Professor Dr. med. W. Karzai, Chefarzt der Klinik für Anästhesie an der Zentralklinik Bad Berka GmbH und Herr PD Dr. med. habil Andreas Kortgen, Leitender Oberarzt Intensivtherapie an der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie der Friedrich-Schiller-Universität Jena,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Bad Berka, 15.03.2018

Luminita-Florentina Rata-Coras